

Simulated Annealing による解の変動に関する考察

岡和田奉紀(04D8024) 杉原良彦(04D8063) 風間正利(05D8029) 指導教員 平原 誠

1. はじめに

現在, 限られた時間内に効率的に組合せ最適化問題を解く発見的手法として Simulated Annealing(SA)が注目されている.

しかし, 問題の規模が大きくなると解の精度が悪くなる. そこで, 我々は効率よく精度の良い解を導くために, SAにおける解の変動の様子を考察することにした.

2. SA

現在の解 x の近傍 $N(x)$ にある解 x' について, 改悪解であっても確率的に受理することで, 局所最適解を脱し大域最適解に達することを期待する解法である[1].

3. 実験概要

組合せ最適化問題の有名な問題である, 巡回セールスマン問題において, 解の変動を探っていく.

① 初期解(街順) x を生成し, 初期温度 $t (> 0)$ を定める.

② 以下を n 回繰り返す.

a. ランダムに選んだ2つの街の順序を交換する, スワップ法を実行し, 街順を変更していく. 変更後の街順を x' とする.

b. $\Delta := \tilde{f}(x') - \tilde{f}(x)$ とする. ここで $\tilde{f}(x)$

は x で巡回した場合の距離の総和である.

c. $\Delta \leq 0$ ならば確率 1, そうでなければ

確率 $e^{-\frac{\Delta}{t}}$ で $x := x'$ とする.

③ 特定時刻 45s, 90s, 135s の組合せ (計 8 通り)において, 巡回路上に存在する交点を検索する. そして交点にかかる2つの街を結ぶ線分(枝)に対し 2-opt 法を実行していく. 2-opt 法とは2本の枝を切り取り, 異なる経路に2本の枝をつなぎ直し, 街順を入れ替える手法である.

④ 終了時刻に達していれば, 暫定解を出力し, 終了する. そうでなければ, 温度 t を更新し②に戻る. 今回の実験では, パラメ

ータ β ($0 < \beta < 1$)を用いて, $t := \beta \times t$ と更新していく幾何冷却法を用いた.

同一条件で実験が行えるよう街の数 1000, 初期解はランダムな順列, 温度の更新設定は, 初期温度 $t=0.5$, $\beta=0.9999$, $n=300$ とする. 終了時刻は 180s とした. そして, 初期解を変え, 100 回実験を行い, その平均をデータとして用いる.

2-opt 法は局所最適解を求める, 単純局所探索法に属す. 大域最適解を求める SA 内で 2-opt 法を実行することで, 解の変動の様子を考察していく.

4. 結果と考察

図1が示すように, 温度が高い45sに, 2-opt法を行った場合, 135sに行った時に比べ良い解は得られなかった. また, 終了時刻まで 2-opt 法のみを行った場合の解は 32.45 であり, 45s, 90s, 135s に 2-opt を行ったときの方が解が良かった. よって, 2-opt 法は温度が低いときに, 実行すると良い解が得られることが分かった. 並びに, 解の摂動法を組み合わせることで, 効率よく解を求められることを示せた.

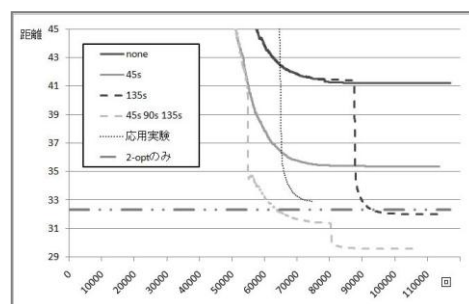


図1 SAにおける解の変動

応用実験として, 温度が低いときに 2-opt を組み合わせるために, $\beta=0.9998$, 終了時刻を 120s, 2-opt をかける時刻を 100s とし, 同様の実験を行った. すると, 終了時刻 180s のとき, 135s に 2-opt を実行したときと近い解を得ることが出来た.

参考文献

[1] 柳浦睦憲 茨木俊秀, 組合せ最適化-メタ戦略を中心として-, 朝倉書店, 2001